

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-044312

(43)Date of publication of application : 14.02.1992

(51)Int.Cl.

H01L 21/027
G03F 7/26

(21)Application number : 02-153535

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 11.06.1990

(72)Inventor : HARASAKI KATSUHIKO
KAWAHIRA HIROTOshi

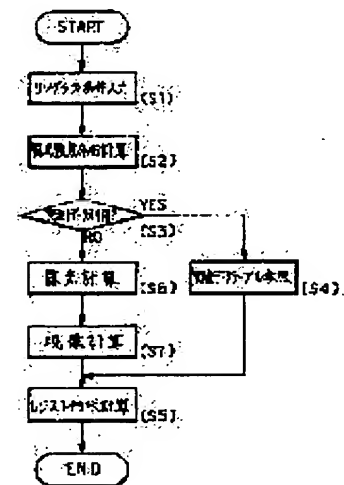
(54) RESIST-SHAPE SIMULATION METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To realize a simulation with high accuracy irrespective of the properties of resist development speed by a method wherein data of an actually-measured development speed R are employed taking into consideration a lithography condition.

CONSTITUTION: Data of lithography conditions such as a kind of photoresist, materials of a substrate, a thickness, a film thickness of photoresist, a kind of pattern mask, the optical properties in an exposure device to be used, data of exposure time, or the like are inputted into a simulation 10. Next, a distribution of exposure intensity 1 on a resist surface is calculated to store as data on a plane X-Y in a memory 11.

An experimental data table is a file of the actually-measured data to store in advance in the memory 11. Next, the data of the lithography conditions are read to demand data such as exposure intensity 1 corresponding to parameters of the experimental data table, and exposure time Tex or the like to retrieve the experimental data table of the parameters in the data from the memory 11. The calculation of a resist surface shape is performed with employment of a string model based upon the data of the developmental speed R obtained by an ex-processing to be displayed on a monitor.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

⑫ 公開特許公報(A)

平4-44312

⑬ Int.Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成4年(1992)2月14日

H 01 L 21/027
G 03 F 7/26

5 0 1

7124-2H
7352-4M

H 01 L 21/30 3 6 1 Z

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 レジスト形状のシュミレーション方法

⑯ 特 願 平2-153535

⑰ 出 願 平2(1990)6月11日

⑱ 発 明 者 原 崎 克 彦 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社
内⑲ 発 明 者 川 平 博 敏 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社
内

⑳ 出 願 人 シャープ株式会社 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

㉑ 代 理 人 弁理士 大西 孝治

明 細 書

1. 発明の名称

レジスト形状のシュミレーション方法

2. 特許請求の範囲

(1) 半導体装置製造のリソグラフィ工程における現像後のレジスト形状をシュミレーションする方法であって、

現像液中でのレジスト膜におけるレジスト残存膜厚 Z と現像速度 R との関係をレジスト表面上の露光強度 I をパラメータにして実験データテーブルとして予めメモリに格納しておいた上で、

まず、シュミレーションを行うべきリソグラフィ工程におけるリソグラフィ条件のデータを入力し、

当該データに基づいて露光強度 I のレジスト表面上での分布計算を行い、

計算された露光強度 I のデータに対応する実験データテーブルをメモリから検索し、

検索された実験データテーブルのデータに基づ

いてレジストの形状を得るようにしたことを特徴とするレジスト形状のシュミレーション方法。

3. 発明の詳細な説明

<産業上の利用分野>

本発明は半導体装置製造のリソグラフィ工程における現像後のレジストの形状をシュミレーションする方法に関する。

<従来の技術>

この種の代表例としては、IEEE TRANSACTION ON ELECTRON DEVICES (VOL.ED-26, NO.4, APRIL, 1979, P717~722) に掲載されたSAMPLEと称されるシュミレーションプログラムがある。このプログラムの処理の流れについて説明する。まず、与えられたマスクパターンについてのレジスト表面上で結ぶ像の露光強度分布を計算する。

なお、露光強度分布の計算方法としては、Linの方法(IEEE TRANSACTION ON ELECTRON DEVICES, VOL.ED-27, NO.5, MAY, 1980, P931~938)やYeungの方法(PROCEEDING OF SPIE, VOL.922, 1988, P149~172)等が利用されている。

そして得られた露光強度分布データを用いてレジストに対する露光計算を行い、レジスト膜厚内でのインヒビタの濃度分布を計算した後、得られたインヒビタの濃度分布のデータを用いて現像計算を行う。

なお、現像計算の方法としては、式①に示すようなDILLの式(IEE TRANSACTION ON ELECTRON DEVICES, VOL.ED-22, NO.7, JULY, 1975, P445 ~ 452)や式②に示すようなKimの式(IEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, VOL.ED-31, NO.12, DECEMBER, 1984, P1730 ~ 1736)等が利用されている。

$$R(M) = \exp(E_1 M^2 + E_2 M + E_3) \quad \dots \dots \textcircled{1}$$

$$R(M) = f(z, M) \{1 - MP/R_1 + MP/R_2\}^{-1} \quad \dots \dots \textcircled{2}$$

$$P = \exp(-R_2(1-M))$$

R: レジスト膜の現像速度

M: インヒビタ相対濃度

$E_1 \sim E_3$ 、 $R_1 \sim R_2$: 各レジストによる
フィッティングパラメータ

$f(z, M)$: レジスト表面でのインヒビタ
ン効果を表す係数である。

このようにして得られたレジスト膜厚内での現像速度の分布のデータをもとにストリングモデルを用いてレジスト表面形状の計算を行うと、最終的に現像後のレジスト形状が求められる。

<発明が解決しようとする課題>

しかしながら、上記従来例による場合には、次に述べるような欠点が指摘されている。即ち、現像計算を行うにあたり利用される現像速度式がインヒビタ相対濃度Mについての1次や2次等の多項式である故に、現像速度Rがインヒビタ相対濃度の所定範囲内でしか近似的に成立せず、実際のレジスト膜の現像速度特性に対応していないという欠点がある。更にその上で、最近のレジスト加工寸法の微細化に伴って高解像型のレジストが広く使用されるに至っているものの、この種のレジストの溶解特性は感光剤や溶媒、樹脂の化学的性質等によって大きく異なり、シュミレーション結果に大きな誤差が生じるという問題がある。

本発明は上記事情に鑑みて創案されたものであり、レジストの現像速度特性に関係なく、高精度なシュミレーションを実現できるレジスト形状のシュミレーション方法を提供することにある。

<課題を解決するための手段>

本発明にかかるレジスト形状のシュミレーション方法は、半導体装置製造のリソグラフィ工程における現像後のレジスト形状をシュミレーションする方法であって、

現像液中でのレジスト膜におけるレジスト残存膜厚Zと現像速度Rとの関係をレジスト表面上の露光強度Iをパラメータにして実験データテーブルとして予めメモリに格納しておいた上で、

まず、シュミレーションを行うべきリソグラフィ工程におけるリソグラフィ条件のデータを入力し、

当該データに基づいて露光強度Iのレジスト表面上での分布計算を行い、

計算された露光強度Iのデータに対応する実験データテーブルをメモリから検索し、

検索された実験データテーブルのデータに基づいてレジストの形状を得るようにした。

<実施例>

以下、本発明にかかるレジスト形状のシュミレーション方法の一実施例を図面を参照して説明する。第1図はシュミレーションプログラムのフローチャート、第2図はパターンマスクの透光部と遮光部におけるX-Y平面上の相対露光強度の分布を示す図、第3図は第2図中のC-C断面におけるX方向の相対露光強度を示す図、第4図は露光時間をパラメータとしたレジスト残存膜厚と現像速度との関係を示すグラフであり、現像速度測定装置から得られたデータを示す図、第5図はシュミレーションシステムの概略構成を示す図、第6図はX方向のレジスト断面におけるシュミレーション結果を示す図である。

ここに例をあげて説明するレジスト形状のシュミレーション方法は、SAMPLEと称されるシュミレーションプログラムに改良を加えたもので、このプログラムは第5図に示すコンピュータAのシュ

ミレータ10で処理されるようになっている。先の記載と重複する点もあるが、このプログラムの処理の流れについて第1図を参照して説明する。

まず、今回シュミレーションを行うべきリソグラフィ工程におけるリソグラフィ条件のデータを大型コンピュータAのシュミレータ10(第5図参照)に入力する。

ここでリソグラフィ条件のデータとは、フォトリソの種類の種類、基板の材質(例えば、Si、SiO₂、SiN等)、厚さ、フォトリソの膜厚、パターンマスクの種類等のデータ(以下、これらを基板データとする)の他に、使用される露光装置における光学上の特性、露光時間のデータ(以下、これらを露光データとする)等も含まれる(S1)。

リソグラフィ条件のデータ、特に、露光データが入力されたならば、このデータに基づいてレジスト表面上における露光強度 I (mJ/cm^2)の分布が計算されるようになっている。レジスト表面と同一平面をX-Yとしその鉛直方向をZとするX-Y-Z座標系を考えると、この分布計算結

果はX-Y平面上のデータとして得られ、記憶装置11に格納されるようになっている。露光強度 I の分布を計算するにあたっては、ここでは上述したLinの方法を採用している。この方法での計算結果例を第2図に示す。但し、入力マスク形状は $1.0\ \mu\text{m} \times 0.5\ \mu\text{m}$ の矩形(レジスト残しパターン)、照射光はUV1線、コヒーレンスファクタ0.5、デフォーカス $0\ \mu\text{m}$ であるとする(S2)。

従来のSAMPLEのシュミレーションプログラムでは、第1図に示すように求められた露光強度 I のデータをもとにレジスト膜厚内での露光計算を行った後(S5)、これをインヒビターの濃度分布に変換して、現像計算を行うようになっているが(S7)、本実施例では、露光強度分布計算を行った後、分岐処理を経て(S3)、実験データテーブル参照の処理が進められるようになっている。

なお、このような分岐の形態を採ることで、従来のSAMPLEのシュミレーションプログラムを十分に活用することができコスト等の点でメリットを期待できる。

実験データテーブル参照の処理内容について説明する前に、実験データテーブルについて第4図を参照して説明する。

実験データテーブルとは、レジスト表面上の露光強度 I 、露光時間 T_{ex} 等の露光条件、使用する基板、レジストの種類等の条件を種々変えて実験された実験データであり、露光条件等をパラメータとした現像液中でのレジスト膜におけるレジスト残存膜厚 Z と現像速度 R との関係を与えるデータである。ここでレジスト残存膜厚 Z とは、現像により徐々に溶解するレジスト膜の厚みを示すもので、基板の下地面を基準としたZ軸の座標値に相当する数値を指す一方、現像速度 R とはレジスト断面での溶解速度の数値を指す。

この実験データテーブルは、第5図に示す現像速度測定装置Bを利用して求められた実測データのファイルであって、コンピュータA側の記憶装置11に予め格納されている。現像速度測定装置Bについては周知であるのでここでは説明しない。

第4図は現像速度測定装置Bから得られた実測

データを示したものである。基板の下地はSiであり、膜厚は $1.03\ \mu\text{m}$ 、UVg線を用いている。即ち、露光時間 T_{ex} をパラメータとした実験データテーブルのデータ内容の一部が第4図に示されている。

次に、実験データテーブル参照の処理内容について再び第1図に戻って説明する。

今回シュミレーションを行うリソグラフィ工程におけるリソグラフィ条件のデータは、既に記憶装置11に格納されていることは述べたが、まず、最初の処理として、このリソグラフィ条件のデータを読み出し、実験データテーブルのパラメータに相当する露光強度 I 、露光時間 T_{ex} 等のデータを求める。その後、そしてこのデータにあったパラメータの実験データテーブルを記憶装置11から検索する。また、実験データテーブルのデータ内容である現像速度 R はとびとびのデータであることが多いので、必要に応じてN次のB-spline関数又は最小二乗近似多項式等を用いて補間する。これで実験データテーブル参照の処理が終了し

(S4)、次のレジスト形状計算の処理に移る。

レジスト形状計算の処理内容については従来のSAMPLEのシュミレーションプログラムのものを使用しているので、ここでは詳しくは説明しないが、前処理で求められた現像速度Rのデータをもとにストリングモデルを用いてレジスト表面形状の計算を行い、図外のディスプレイに表示させると、第6図に示すような現像時間T、ごとに刻々と変化する現像後のレジスト形状を得ることができ、これで一連のシュミレーションプログラムが終了する。

ところで、従来のシュミレーションプログラムによる現像計算(S5)の計算データと、本実施例のシュミレーションプログラムの実験データテーブルの実測データとを比較すると、第7図に示すようになる。第7図中Aは実験データテーブルに格納された現像速度Rの実測データ(第4図の $T_{ex}=290$ (nsec)のデータ)である一方、Bは上述したDILLの式を用いて計算したデータである。

即ち、DILLの式を用いた従来法では非周期的な

現像速度の変化や振幅の変化を十分に表わすことができないことが判る。第8図はDILLの式を用いて現像計算をしたデータをもとに得たシュミレーション結果を示しており、実際のレジスト断面形状から大きくずれている(第6図参照)。

但し、露光条件はUV_g線、 $100\text{mJ}/\text{cm}^2$ 、10秒の設定であり、パラメータは $E_1=8.50$ 、 $E_2=-6.2$ 、 $E_3=-0.01$ である。

本実施例のシュミレーションプログラムによる場合には、リソグラフィ条件を考慮に入れつつ実測の現像速度Rのデータを用いるようになっているので、レジストの現像速度特性に関係なく非常に精度の高いシュミレーションを実現できる。それ故、最近の高解像型のレジストはもとより新しい化学的組成を持った新型のレジスト、例えば化学増幅型レジスト、Si含有型レジスト、多層レジスト等であっても十分に対応することができるというメリットがある。

なお、本発明にかかるレジスト形状のシュミレーション方法は、SAMPLEのシュミレーションプロ

グラムだけの適用に止まらず、2次元や3次元のリソグラフィシュミレータにも適用し得ることは勿論、露光計算やレジスト形状計算の処理方式についても本実施例に限定されない。

<発明の効果>

以上、本発明にかかるレジスト形状のシュミレーション方法は、リソグラフィ条件を考慮に入れつつ実測の現像速度Rのデータを用いるようになっているので、レジストの現像速度特性に関係なく非常に精度の高いシュミレーションを実現できる。それ故、最近の高解像型のレジストは勿論のこと新しい化学的組成を持った新型のレジストであっても十分に対応することができるというメリットがある。

4. 図面の簡単な説明

第1図から第6図にかけては本発明にかかるレジスト形状のシュミレーション方法の一実施例を説明するための図である。第1図はシュミレーションプログラムのフローチャート、第2図はバターンマスクの透光部と遮光部におけるX-Y平面

上の相対露光強度の分布を示す図、第3図は第2図中のC-C断面におけるX方向の相対露光強度を示す図、第4図は露光時間をパラメータとしたレジスト残存膜厚と現像速度との関係を示すグラフであり、現像速度測定装置から得られたデータを示す図、第5図はシュミレーションシステムの概略構成を示す図、第6図はX方向のレジスト断面におけるシュミレーション結果を示す図である。

第7図及び第8図は従来のシュミレーションプログラムを説明するための図である。第7図はDILLの式による現像計算結果と実験データテーブルの実測データとを比較するための図であって、レジスト残存膜厚と現像速度との関係を示すグラフ、第8図はDILLの式により計算された現像計算のデータを用いてシュミレーションを行った場合における第6図に対応する図である。

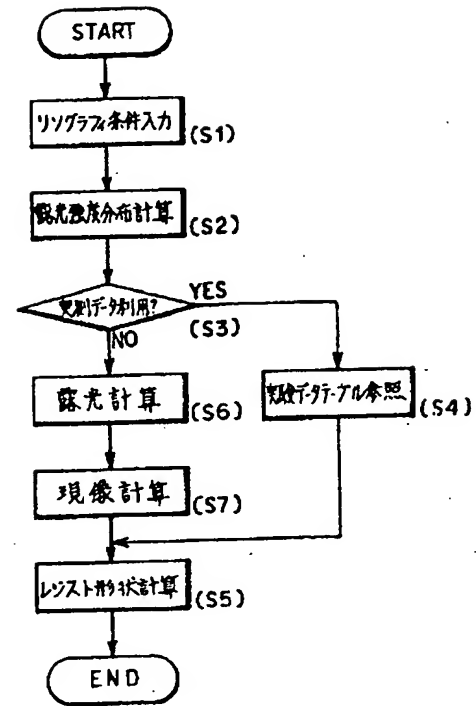
A・・・コンピュータ

B・・・現像速度測定装置

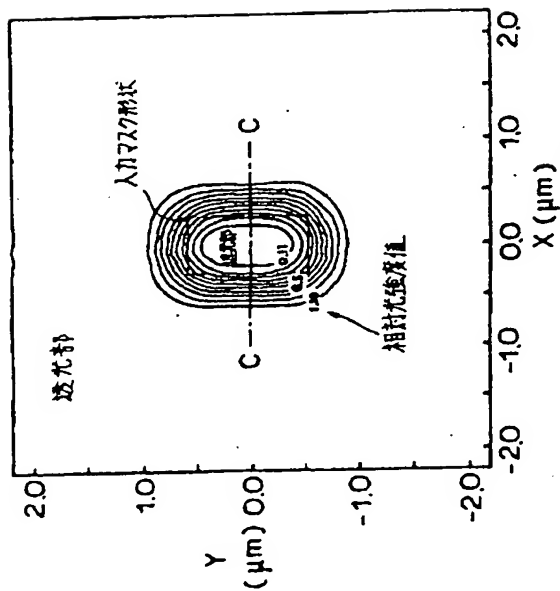
R・・・現像速度

2...レジスト残存膜厚

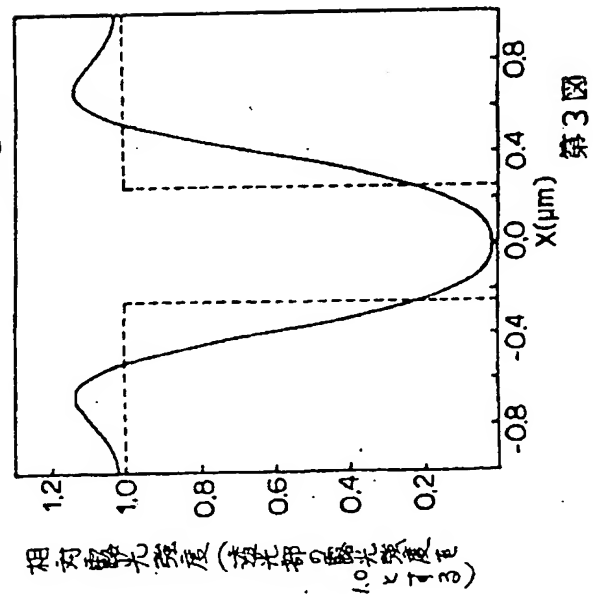
特許出願人 シャープ株式会社
代理人 弁理士 大西 孝 治



第1図

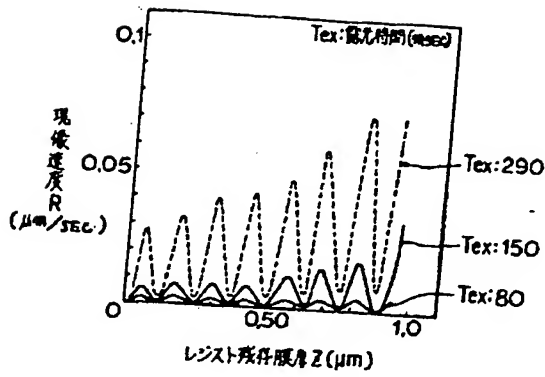


第2図

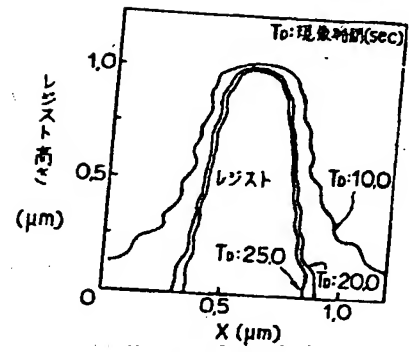


第3図

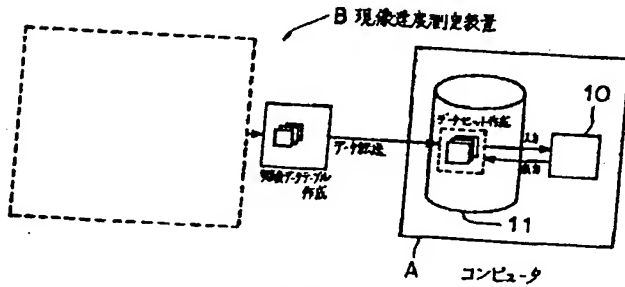
BEST AVAILABLE COPY



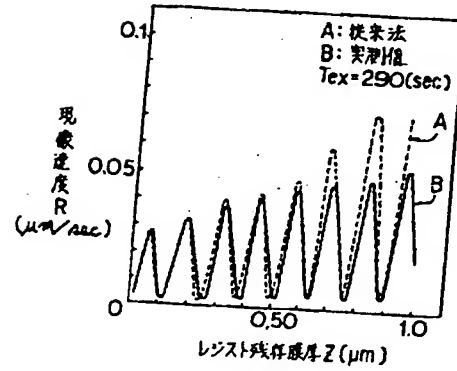
第4図



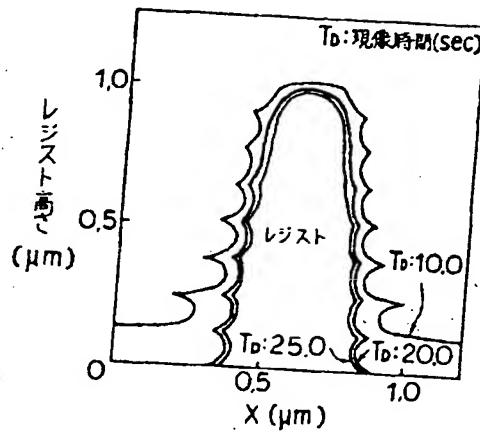
第6図



第5図



第7図



第8図

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)